

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)  
**Структурное подразделение Новосибирского государственного университета –  
Специализированный учебно-научный центр Университета (СУНЦ НГУ)**  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

СОГЛАСОВАНО Заместитель директора по УР  (Петровская О.В.) 23 ноября 2023 г.	УТВЕРЖДЕНО На заседании ученого совета СУНЦ НГУ Протокол № 48 от 23 ноября 2023 г.	УТВЕРЖДАЮ Директор СУНЦ НГУ  (Некрасова Л.А.) 23 ноября 2023 г.
---	--	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**курса внеурочной деятельности «Низкотемпературная плазма и синтез  
нанопленок»**

И.о. заведующего кафедрой физики  
Иванов Иван Анатольевич, к.ф.-м.н.



Новосибирск 2023

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

*Основной целью данного учебного курса является формирование и развитие у обучающихся знаний и умений, необходимых для исследовательской деятельности: умение формулировать задачу, способность искать пути ее решения, умение анализировать полученные результаты и предлагать способы их улучшения, умение делать доклад о выполненной работе перед аудиторией.*

*В рамках спецкурса обучающиеся приобретают:*

- новые знания в области низкотемпературной плазмы и ее применения в качестве источника синтеза нанопленок;*
- новые навыки, связанные с современными измерительными и аналитическими приборами, принципами работы с ними;*
- умение самостоятельно проводить эксперимент на рабочей установке, грамотно излагать полученные результаты, участвовать в их обсуждениях и составлять отчет о проделанной работе;*
- навыки разделения труда с напарником/напарниками при проведении экспериментов;*
- опыт выступления с докладом о работе перед аудиторией на конференции.*

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

Обучающиеся в процессе освоения программы спецкурса научатся осуществлять самостоятельный поиск информации естественнонаучного содержания с использованием различных источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных изданий, ресурсов интернета) и применять эту информацию при выполнении экспериментальной работы. Они получают навыки в запуске экспериментальной установки и управлении ею, осваивают простейшие основы вакуумной техники, технологии осаждения нанопленок из низкотемпературной плазмы и исследования их свойств. Обучающимися будут выявлены функциональные зависимости свойств нанопленок от условий осаждения и определены оптимальные условия осаждения. С полученными результатами исследований они выступят на таких конференциях для школьников, как Международная научная студенческая конференция (школьная секция), Сахаровские чтения, Колмогоровские чтения. Также обучающиеся смогут написать индивидуальные итоговые проекты и защитить их на кафедре физики СУНЦ НГУ.

## **СОДЕРЖАНИЕ СПЕЦКУРСА**

Спецкурс посвящен изложению основ физики газового разряда (низкотемпературной плазмы), методов осаждения углеродных, металлических и диэлектрических нанопленок и методов исследования их оптических свойств.

Цели и задачи спецкурса:

- ❖ дать знания об основах физики газового разряда;
- ❖ дать знания о физических процессах, происходящих в газоразрядной среде;
- ❖ рассказать об основных типах газового разряда;
- ❖ на примере тлеющего и магнетронного разрядов показать, что собой представляет газовый разряд;
- ❖ научить исследовать характеристики газового разряда и понимать, какими процессами обусловлена та или иная характеристика;
- ❖ научить применять знания о газовом разряде для осаждения тонких пленок;
- ❖ научить работать с измерительными приборами.

Спецкурс предполагает лекционные и практические занятия. На лекционных занятиях обучающиеся получают необходимые теоретические знания, чтобы впоследствии

применить эти знания при проведении экспериментов по синтезу нанопленок. На практических занятиях обучающиеся самостоятельно запускают установку, подготавливают подложки для осаждения нанопленок, проводят эксперименты по синтезу нанопленок из низкотемпературной плазмы на примере тлеющего и магнетронного разрядов, а также самостоятельно изучают оптические свойства полученных нанопленок на различных аналитических приборах. По результатам экспериментов обучающиеся пишут тезисы и доклад для выступления на конференции, либо текст индивидуальных итоговых проектов для защиты на кафедре физики СУНЦ НГУ.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

№ п/п	Наименование разделов и тем программы	Кол-во часов	Воспитательный компонент
<b>Первый семестр</b>			
<b>Раздел 1. Краткие основы физики плазмы</b>			
1.1.	Образование плазмы	0,5	Развитие умения учиться и способности к организации собственной учебной деятельности
1.2.	Квазинейтральность плазмы, плазменная частота. Дебаевский радиус экранирования	1	
1.3.	Идеальность плазмы. Прямые и обратные процессы в плазме. Перезарядка	1,5	
<b>Итого по разделу</b>		<b>3</b>	
<b>Раздел 2. Электрический ток в газах</b>			
2.1.	Несамостоятельный электрический разряд. Темный разряд. Термическая ионизация. Фотоионизация. Ионизация электронным ударом	1	Усиление мотивации учения
2.2.	Самостоятельный электрический разряд. Искровой разряд. Коронный разряд. Дуговой разряд.	1	
2.3.	Тлеющий разряд. Магнетронный разряд.	2	
<b>Итого по разделу</b>		<b>4</b>	
<b>Раздел 3. Физические процессы в тлеющем разряде</b>			
3.1.	Основы теории тлеющего разряда. Развитие тлеющего разряда.	1	Формирование

3.2.	Характерные области тлеющего разряда	2	информационных и когнитивных компетенций
3.3.	Особенности горения магнетронного разряда	2	
<b>Итого по разделу</b>		<b>5</b>	
<b>Раздел 4. Экспериментальное исследование низкотемпературной плазмы</b>			
4.1.	Введение в эксперимент. Техника безопасности	0,5	Воспитание бережного отношения к своему здоровью и здоровью окружающих
4.2.	Исследование условий пробоя тлеющего и магнетронного разрядов	4	Вовлечение обучающихся в проектную и исследовательскую деятельность
4.3.	Исследование вольтамперных характеристик тлеющего разряда	5	
4.4.	Исследование ионного тока в тлеющем разряде	5	
4.5.	Исследование вольтамперных характеристик магнетронного разряда	5	
<b>Итого по разделу</b>		<b>19,5</b>	
<b>Раздел 5. Краткие основы вакуумной техники</b>			
5.1.	Элементы вакуумных систем	0,5	Формирование интереса к основным разделам изучаемого курса
5.2.	Методы получения вакуума. Типы вакуумных насосов	2	
5.3.	Методы измерения вакуума	2	
<b>Итого по разделу</b>		<b>4,5</b>	
<b>Итого за семестр</b>		<b>36</b>	
<b>Второй семестр</b>			
<b>Раздел 6. Технология синтеза нанопленок с помощью низкотемпературной плазмы</b>			
6.1.	Способы приготовления и очистки подложек перед напылением	1	Воспитание трудолюбия, усидчивости,

6.2.	Методы осаждения углеродных, металлических и диэлектрических нанопленок	2	целеустремленности и аккуратности при выполнении экспериментальной работы
6.3.	Подготовка установки к синтезу нанопленок. Подготовка и очистка подложек	2	Работа в команде при совместных экспериментах
6.4.	Осаждение углеродных, металлических и диэлектрических нанопленок в плазме тлеющего и магнетронного разрядов	12	
<b>Итого по разделу</b>		<b>17</b>	
<b>Раздел 7. Методы исследования оптических свойств нанопленок</b>			
7.1.	Эллипсометрия. Изучение устройства и принципа работы эллипсометра LEF-752	1	Приобретение чувства ответственности за полученные результаты исследований
7.2.	Измерение оптических постоянных нанопленок на эллипсометре LEF-752	4	
7.3.	Спектрофотометрия. Изучение устройства и принципа работы спектрофотометра Shimadzu UV-3600	1	
7.4.	Измерение спектров пропускания, поглощения и отражения нанопленок на спектрофотометре Shimadzu UV-3600	4	
7.5.	ИК-спектроскопия. Изучение устройства и принципа работы ИК-Фурье спектрометра FT-801	1	
7.6.	Измерение спектров пропускания и поглощения на ИК-Фурье спектрометре FT-801	4	
7.7.	Обработка результатов измерений, построение спектров, графиков зависимостей.	2	Коллективное обсуждение результатов, коммуникация с между коллегами по экспериментам
7.8.	Подготовка текстов проектов и докладов, выступление на конференциях.	2	Приобретение опыта по написанию научного отчета и выступлению перед аудиторией с результатами своей научной работы
<b>Итого по разделу</b>		<b>19</b>	
<b>Итого за семестр</b>		<b>36</b>	
<b>Всего</b>		<b>72</b>	

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Посещая спецкурс "Современное тепловидение", школьники в ходе своих исследований знакомятся с опубликованными научными и методическими работами по изучаемой тематике, в том числе:

1. Жданов С. К., Курнаев В. А., Романовский М. К., Цветков И. В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках. М: МИФИ. 2000. 184 с.
2. Капцов Н. А. Электроника. М., Государственное издательство технико-теоретической литературы. 1956. 138 с.
3. Князев Б. А. Низкотемпературная плазма и газовый разряд. Учебное пособие. Новосибирск, НГУ. 2003. 290 с.
4. Кудрявцев А. А., Смирнов А. С., Цендин Л. Д. Физика тлеющего разряда: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2010. 512 с.
5. Автаева С. В., Оторбаев Д. К., Скорняков А. В. Экспериментальное исследование характеристик тлеющего разряда в воздухе // *Вестник КРСУ*. 2002. № 2. С. 4–6.
6. Баранов А. М. Алмаз: физика и электроника. *Труды московского семинара*, выпуск первый. М., 1992.
7. Бугаев С. П., Коротаев А. Д., Оскомов К. В., Сочутов Н. С. Свойства алмазоподобных плёнок, полученных в барьерном разряде при атмосферном давлении. *ЖТФ*. 1997. Т. 67. № 8. С. 100-104.
8. Казанский Н. Л., Колпаков В. А. Исследование механизмов формирования низкотемпературной плазмы газовым разрядом высоковольтного типа // *Труды VI-ой междунар. школы-семинара БИКАМП-05*. Санкт-Петербург, 2005. С. 112-116.
9. Коншина Е. А. Аморфный гидрогенизированный углерод и применение его в оптических устройствах. СПб: СПб НИУ ИТМО. 2010. 91 с.
10. Ключ Н. И., Литовченко В. Г., Лукьянов А. Н. и др. Влияние условий осаждения на просветляющие свойства алмазоподобных углеродных пленок для солнечных элементов на основе кремния // *ЖТФ*. 2006. Т. 76, вып 7. С. 122-126.
11. Швец В. А., Спесивцев Е. В., Рыхлицкий С. В., Михайлов Н. Н. Эллипсометрия – прецизионный метод контроля тонкопленочных структур с субнанометровым разрешением // *Российские нанотехнологии*. Т.4. № 3-4. 2009. С.72-84.
12. Кузьмичев А. И. Магнетронные распылительные системы. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. К.: Аверс. 2008. 244 с.
13. Минайчев В. Е., Одинокое В. В., Тюфаева Г. П. Магнетронные распылительные устройства (магнетроны) // *Обзоры по электронной технике. Серия 7 - «Технология, организация производства и оборудование»*. ЦНИИ «Электроника», 1979. 57 с.
14. Вакуумные процессы и оборудование ионно- и электронно-лучевой технологии: Учеб. пособие для слушателей курсов повышения квалификации ИТР по вакуумному аппарато- и приборостроению / М. И. Виноградов, Ю. П. Маишев. М.: Машиностроение, 1989. 56 с.